

Série A, N° 217

N° d'Ordre 241

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

Pour obtenir le titre de Docteur de l'Université

PAR

JACOB OSCHMIAN

Diplômé de l'Université de Kaunas (Lithuanie)

1^{re} THÈSE : Aperçu général sur la géologie de la Lithuanie accompagné d'une étude spéciale des roches calcaires.

2^{me} THÈSE : Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 22 Avril 1931, devant la Commission d'Examen

MM. Léon BERTRAND, *Président ;*
V. AUGER
L. BARRABÉ } *Examineurs.*

LES PRESSES MODERNES
45, rue de Maubeuge, 45
PARIS

1931

Aperçu général sur la Géologie de la Lithuanie

Accompagné d'une étude spéciale des roches calcaires

*La Faculté n'entend donner aucune appro-
bation ni improbation aux opinions émises dans
les thèses; ces opinions doivent être consi-
dérées comme propres à leurs auteurs*

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

Pour obtenir le titre de Docteur de l'Université

PAR

JACOB OSCHMIAN

Diplômé de l'Université de Kaunas (Lithuanie)

THÈSE : **Aperçu général sur la géologie de la Lithuanie accompagné d'une étude spéciale des roches calcaires.**

THÈSE : **Propositions données par la Faculté.**

Soutenues le 22 Avril 1931, devant la Commission d'Examen

MM. Léon BERTRAND, *Président ;*

V. AUGER

L. BARRABÉ

} *Examineurs.*

LES PRESSES MODERNES
45, rue de Maubeuge, 45
PARIS

—
1931

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

Doyen MM. C. MAURAIN *Professeur*, Physique du globe.

Doyen honoraire..... M. MOLLIARD,

*Professeurs
honoraires*

A. JOANNIS.
H. LE CHATELIER
H. LEBESGUE
A. FERNBACH.....
A. LEDUC
E. HÉROUARD.....

Emile PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure.
G. KENIGS Mécanique physique et expérimentale.
E. GOURSAT Calcul différentiel et calcul intégral.
P. JANET Electrotechnique générale.
F. WALLERANT Minéralogie.
P. PAINLEVÉ Mécanique analytique et mécanique céleste.
Gabriel BERTRAND Chimie biologique.
M^{me} P. CURIE ... Physique générale et radioactivité.
M. CAULLERY ... Zoologie (Evolution des êtres organisés).
G. URBAIN Chimie minérale.
Emile BOREL Calcul des probabilités et Physique mathém.
L. MARCHIS Aviation.
Jean PERRIN Chimie physique.
Rémy PERRIER ... Zoologie (Enseignement P. C. N.).
H. ABRAHAM Physique.
M. MOLLIARD Physiologie végétale.
E. CARTAN Géométrie supérieure.
L. LAPICQUE Physiologie générale
E. VESSIOT Théorie des fonctions et théorie des transformation
A. COTTON Physique générale.
J. DRACH Application de l'analyse à la géométrie.
Charles FABRY ... Physique.
Charles PÉREZ ... Zoologie.
Léon BERTRAND .. Géologie appliquée et géologie régionale.
R. LESPIEAU Théories chimiques.
E. RABAUD Biologie expérimentale.
P. PORTIER Physiologie comparée.
E. BLAISE Chimie organique.
P.-A. DANGEARD .. Botanique.
P. MONTEL Mécanique rationnelle.
P. WINTREBERT .. Anatomie et histologie comparées.
O. DUBOSQ Biologie maritime.
G. JULIA Mathématiques générales.
A. MAILHE..... Etude des Combustibles.
L. LITAUD..... Géographie physique et géologie dynamique.
Eugène BLOCH..... Physique théorique et physique céleste.
Henri VILLAT..... Mécanique des fluides et applications.
Ch. JACOB..... Géologie.
P. PASCAL..... Chimie Minérale.
Léon BRILLOUIN..... Théorie Physique.
V. AUGER..... Chimie appliquée.
E. ESCLANGEN..... Astronomie.
H. BÉNARD..... Physique (P.C.N.)
L. BLAZINGHEM..... Botanique.
C. MAUGUIN..... Minéralogie.

Professeurs

E. PÉCHARD..... Chimie (Enseignem^t P. C. N.) F. PICARD..... Zoologie (Evolution des êtres
M. GUICHARD..... Chimie minérale. organisés).
A. GUILLET..... Physique. ROBERT-LÉVY ... Zoologie.
A. MICHEL-LÉVY.. Pétrographie. L. DUNOYER..... Optique appliquée.
A. DEREIMS Géologie. A. GUILLERMOND Botanique (P. C. N.)
A. DENJOY..... Calcul différentiel et intégral A. DEBIERNE Radioactivité.
E. PARMOIS Physique M. FRÉCHET..... Calcul des Probabilités et
G. BRUHAT Physique. Physiques mathématiques.
H. MOUTON..... Chimie physique. RENARD-LUCAS... Chimie organique.
L. JOLEAUD..... Paléontologie. PANTRENIER ... Mécanique des fluides.
M. JAVILLIER Chimie biologique. BÉGHIN Mécanique des fluides.
A. DUFOUR..... Physique (P.C.N.) FOCH Mécanique des fluides.

Secrétaire A. PACAUD.

A LA RÉPUBLIQUE DE LA LITHUANIE

AU PROFESSEUR MONSIEUR LEON BERTRAND

Professeur de Géologie structurale et de Géologie appliquée
à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris



LIETUVOS
Kaltuotumo ir nuotakumo
ŽEMĖJANĖ

Escala 1:800.000

PAAIŠKINIMAI **Légende**

Vilniai	Au dessus du niveau de la mer
Bourgs	
Villages avec église	
Villages	
Chemins de fer	
Chaussées	
Routes	
Canal	
Fleuves	
Lacs	
Marais	
Marais	

de 0 à 64	64	mètres
de 64 à 128	128	"
de 128 à 192	192	"
de 192 à 256	256	"
de 256 à 320	320	"

Aperçu général sur la géologie de la Lithuanie

Accompagné d'une étude spéciale des roches calcaires

Par J. OSCHMIAN

Diplômé de l'Université de Kaunas (1) (Lithuanie)

Les explorations et les études ont été effectuées en Lithuanie pendant les années 1922 à 1928 ; ce travail a été terminé et rédigé à la Faculté des Sciences de Paris en 1930.

§ 1. — HISTORIQUE

a) *Etat de la géologie de la Lithuanie avant la guerre*

Au point de vue géologique, la Lithuanie fut la partie la moins explorée et la moins étudiée de la Russie d'avant-guerre.

Le pays se présente en général sous forme d'une vaste plaine, et les collines qu'on rencontre ne dépassent jamais 150 à 200 mètres d'altitude. C'est à peine si l'on peut les nommer montagnes, par comparaison avec celles de l'Ouest de l'Europe. C'est sans doute à cause de ce

(1) Kaunas (Kowno).

manque d'attrait physique que les géologues avaient délaissé le pays.

Une fois reconstituée, la Lithuanie de l'après-guerre, malgré les ressources limitées dont elle disposait, s'est mise en devoir de réparer cette faute et de combler cette lacune de la science géologique de l'Est de l'Europe par une étude systématique, minutieuse et scientifique de la géologie du pays. L'université de Kaunas fut chargée de ce travail, et j'eus l'honneur de faire partie des expéditions scientifiques organisées de l'année 1922 à l'année 1928, de collaborer et de prendre une part active dans les recherches et études entreprises sur toute l'étendue de la Lithuanie, ceci m'a permis de réunir dans le présent travail les données les plus récentes sur cette question, et d'y apporter les résultats des travaux auxquels je me suis consacré pendant six années.

Le pays garde jusqu'à maintenant de nombreuses traces de l'époque glaciaire. Presque toute la surface de la Lithuanie, à l'exception de quelques points que je mentionnerai plus loin, est couverte de dépôts de cet âge, qui atteignent parfois une épaisseur de 100 mètres et plus.

Ces dépôts d'argile glaciaire, accompagnés de débris rocheux de toutes tailles, depuis de gros blocs, jusqu'à la poussière la plus fine, renferment en outre parfois des couches de roches, si importantes par leurs dimensions, qu'elles font hésiter, quant à leur provenance, des savants

bien qualifiés. Pendant les études géologiques sur le pays, j'ai vu plusieurs de ces couches ; ainsi on trouve dans le Nord de la Lithuanie près du village de Gruzdziai (1), au milieu de couches d'argile glaciaire, des dépôts compacts de roches calcaires (en grande partie du Zechstein) assez considérables pour fournir tous les matériaux nécessaires aux constructions de la région. Ce n'est qu'après les longues études sur les fossiles et sur la constitution minéralogique, qu'on est parvenu à constater que ces couches ne se sont pas formées sur place, et qu'elles sont constituées par des matériaux transportés par les glaciers.

Ces maigres perspectives, ces difficultés de recherches, ajoutées à l'éloignement d'un centre, expliquent pourquoi la Russie d'avant-guerre avait délaissé l'étude du pays.

Toutefois il faut citer les études faites avant 1914 sur la Lithuanie par les savants Russes Guedroitz (2), Siemiradzki (3) et le Baron Toll (4).

Les géologues allemands se sont intéressés eux aussi à la géologie du pays et ont même procédé à des études systématiques, pendant l'occupation de la Lithuanie de 1915 à 1918 ; des travaux importants ont été effectués

(1) Latitude 56°10' Nord ; longitude 23°20' Est de Greenwich.

(2) A. Guedroitz. Issledovania w Guberniach Vilno, Grodno, Minsk ; v sievernoi czasti zarstwa polskago. Matériaux pour la géologie russe. T. XVII, 1895.

(3) Siemiradzki. Glacialnie otlozenia w baltiskich guberniach Petersburg, 1886.

(4) Baron Toll. Gueologuiczskie issledowania w Latwi, Petersburg. 1899, 1902.

par M. Berendt (5) et A. Ientzsch (6). Cependant, malgré les travaux effectués, la stratigraphie du pays est encore très mal connue et aucune carte géologique complète n'a pu être encore dressée. On a bien signalé des affleurements de roches sédimentaires, mais leur étendue et leur emplacement n'ont pas encore fait l'objet d'études détaillées. Les forages effectués en vue de la recherche de l'eau potable ont fourni également quelques données.

*b) Etat de la géologie de la Lithuanie
après la reconstitution*

Ainsi que je l'ai déjà dit, ce fut le cabinet géologique de l'Université de Kaunas qui fut chargé, et qui l'est encore actuellement, des recherches dans ce domaine de la science beaucoup trop négligée jusqu'alors.

On a commencé par vérifier les quelques données déjà acquises, et, seulement ensuite, on s'est consacré aux études de questions spéciales bien délimitées. C'était une grande œuvre à accomplir, et malgré ce que l'on a déjà fait, on n'est pas encore arrivé à résoudre tous les problèmes posés ; en particulier, l'absence ou l'insuffisance des moyens techniques retarde la réalisation complète de la tâche.

(5) G. Berendt. Ein Geologischer Ausflug in die russische Nachbar-gouvernements. Königsberg, 1870.

(6) A. Ientzsch. Der vordiluviale Untergrund des norddeutschen, Flachlandes Ihrb. d. konigl. Preus geol. Landesanst, 1900.

Le but du présent travail est de donner un aspect général de la géologie lithuanienne, accompagné d'une étude plus spéciale de la question des roches calcaires d'après mes recherches personnelles effectuées dans les régions suivantes :

1° Du village Zagaré (1) en 1923, sur les couches de dolomie devonienne ;

2° Du village Sablauskai (2) en 1923, 1927, sur le zechstein permien ;

3° Des villes de Kaunas (3) et de Jurbarkas (4) en 1924, 1925, 1926, sur la craie ;

4° Du village de Nemunaiciai (5) en 1925, sur les gisements de tuf quaternaire.

Je tiens à remercier ici M. Léon Bertrand, professeur de géologie appliquée à la Faculté des Sciences de Paris, pour les indications très précieuses qu'il a bien voulu me donner et pour les moyens qu'il a mis à ma disposition dans son laboratoire.

-
- (1) Latitude 56°25' Nord ; longitude 23°15' Est de Greenwich.
 - (2) Latitude 56°12' Nord ; longitude 23°18' Ouest de Greenwich.
 - (3) Latitude 54°50' Nord ; longitude 24°5' Ouest de Greenwich.
 - (4) Latitude 55°5' Nord ; longitude 23°15' Ouest de Greenwich.
 - (5) Latitude 54°15' Nord ; longitude 24°3' Est de Greenwich.

§ 2. — APERÇU GÉNÉRAL SUR LA GÉOLOGIE DE LA LITHUANIE

a) *La surface du pays*

En examinant la carte de la Lithuanie, nous apercevons d'abord une vaste plaine, qui, par la région de Suwalki (1) prolonge celle de la Prusse orientale et tourne après vers le Nord par la région de Wilno (2). C'est la zone des lacs, d'altitude plus faible dans le Nord que dans le Sud.

Au Nord-Ouest, parallèlement à cette zone, on distingue aisément une autre zone plus élevée, que l'on peut nommer la zone du coteau Telsiai (3)-Raseiniai (4).

Encore plus au Nord-Ouest, séparée de la précédente par une petite dépression, se trouve une deuxième zone aussi élevée, celle du coteau de Venden (5) (Wentpile). Mais cette dernière est située au delà des frontières lithuaniennes (en Lettonie), et comme telle ne rentre pas dans les limites de mon travail. Aussi je me bornerai à faire remarquer que la petite plaine signalée entre les coteaux Telsiai-Raseiniai et de Wenden ne doit représen-

(1) Latitude 54°5' Nord ; longitude 23°5' Ouest.

(2) Latitude 54°40' Nord ; longitude 25°10' Est.

(3) Latitude 56°2' Sud ; longitude 22°12' Est.

(4) Latitude 55°20' Nord ; longitude 23°8' Est.

(5) Latitude 57°20' Nord ; longitude 21°30' Est.

ter probablement que la suite directe du fond du golf de Riga.

Sur le coteau Telsiai-Raseiniai, dans la région des lacs, on trouve l'argile glaciaire, tandis qu'au Sud, les collines de graviers sont à stratification inclinée et couvertes souvent de blocs erratiques.

Parfois ces collines rejoignent brusquement la plaine, comme c'est le cas par exemple au sud du village Raseiniai (6), et l'argile stratifiée sans blocs erratiques, la marne, le gravier et le sable remplacent aussi brusquement l'argile du coteau.

Parfois au contraire, comme dans la vallée de la rivière de Jura (7), on constate par des étapes bien marquées le passage de dépôts avec blocs erratiques à des dépôts dans lesquels ils sont absents.

Ces dépôts stratifiés sans blocs erratiques s'observent surtout dans la plaine de la zone des lacs. De temps en temps, au-dessous d'eux se montre l'argile glaciaire, qui renferme cependant moins de particules fines que les formations identiques du coteau de Telsiai-Raseiniai. Généralement ces dépôts stratifiés de graviers et de sable de la plaine des lacs passent presque partout aux produits intermédiaires, provenant du lavage de l'argile glaciaire, non seulement avec les dépôts morainiques du

(6) Latitude 55°20' Nord; longitude 23°8' Est de Greenwich.

(7) Latitude 55°30' Nord; longitude 22°20' Est de Greenwich.

coteau Telsiai-Raseiniai, mais aussi avec les dépôts identiques de la zone des lacs.

Les dépôts de la plus grande partie des fleuves de ce pays : Jura, Dubysa, Nevezis, Schwentoji, Schirwintai, Dukshtai, Strava, Scheschupe et d'une partie du Neris (Wilija) et du Némunas (Niemen), se sont probablement formés sur ces produits intermédiaires.

Ce n'est que très rarement qu'on rencontre dans cette plaine des bandes de terre composées de graviers et de sables, qui rappellent par leur aspect extérieur les remblais de chemin de fer.

La partie disposée en collines au sud de la zone des lacs, rejoint assez brusquement la plaine située parallèlement dans le Nord-Ouest ; à la limite on trouve l'argile glaciaire surmontée par des couches stratifiées de graviers et de sables déposées probablement par les eaux qui s'écoulaient des coteaux après le retrait des glaciers. Cette explication n'est toutefois pas absolue et ne se vérifie pas toujours ; ainsi par exemple, j'ai trouvé, au cours de mes recherches, des formations semblables sur les collines les plus élevées, tandis qu'elles sont absentes sur les collines et dans les endroits d'altitude plus faible. A moins d'admettre que l'érosion post-glaciaire ait joué un rôle important, il faut supposer dans ce cas, que ces couches de graviers stratifiés se sont formées par les cours

d'eau sous-glaciaires, dont la disposition pouvait différer beaucoup de celle du régime hydrographique actuel.

Les blocs erratiques, qui sont dispersés dans le pays, ne présentent pas une grande concentration ; ils sont plutôt disposés sporadiquement. De même, les collines de la zone des lacs ne sont pas dans leur ensemble d'une altitude uniforme. On y peut distinguer trois abaissements principaux ; l'un est situé à l'endroit où le fleuve Nemunas (Niemen) (8), traverse la zone des lacs et tourne brusquement vers le Nord, le second se trouve près d'un détour brusque que fait le fleuve Neris (Wilija) (9), et enfin le troisième est placé sur le parcours du fleuve Jeimany (10) au confluent de ce dernier avec le Neris.

Dans ces régions, qui sont situées à 100-120 mètres au-dessus du niveau de la mer, se trouve un grand nombre de lacs de forme allongée, leur sens d'allongement étant perpendiculaire à l'axe de la zone des lacs.

Ces lacs, disposés en guirlande, laissent voir entre eux des bassins d'une forme identique remplis de tourbe, ainsi que des ravins formés dans les dépôts glaciaires. Souvent ces lacs communiquent par de petits ruisseaux, ou, cas le plus rare, forment des bassins isolés.

(8) Latitude 55° Nord.

(9) Latitude 55°5' Sud ; longitude 24° Est de Greenwich.

(10) Latitude 55°5' Sud ; longitude 26° Ouest de Greenwich.

Les rives dénudées de ces lacs laissent parfois constater facilement que ce sont des bassins creusés, produits d'une érosion progressive.

Il est difficilement admissible que ces bassins soient dus à l'action des eaux s'échappant des collines dans les conditions actuelles, et, ici encore, il faut admettre que leur formation doit plutôt être attribué à l'action des glaciers.

A côté de ces premiers bassins, qui accompagnent les lacs, il en existe d'autres, dont l'axe longitudinal est généralement perpendiculaire aux premiers, ce qui accentue le caractère montagneux de la région.

Les petites rivières émanant des lacs suivent pour la plupart la direction de ces bassins secondaires avant de prendre leur direction principale, et, par conséquent, on constate en examinant les fleuves de la région, de quelque importance qu'ils soient, que chacun d'eux possède une direction bien distincte, c'est la direction NE à ENE parallèle à la zone des lacs, ou la direction NW à NNW perpendiculaire à l'axe de cette zone.

Au sud de la zone des lacs, on voit dominer les graviers avec les blocs erratiques et souvent ces endroits se présentent sous l'aspect d'une contrée ondulée, dont les vallées sont parcourues par des petites rivières qui viennent de la zone des lacs. C'est probablement le chemin qu'ont suivi les eaux au-dessous des glaciers, et par suite

on trouve par exemple dans les vallées des fleuves Jeimany, Rszesza, et dans une partie de celle du fleuve Neris, des dépôts stratifiés de marne et d'argile et, par places, de graviers et de sables.

Au cours de mes recherches, j'ai constaté également dans les mêmes vallées des phénomènes, qui indiquent qu'elles ont servi en même temps de passage pour les glaciers; ceux-ci, tout en remaniant les dépôts laissés par les eaux courantes, y ont en outre abandonné leurs propres dépôts.

Dans la vallée de la rivière Merkiné (11), j'ai vu par exemple des formations stratifiées de graviers et d'argile avec une courbure caractéristique, due à la pression à laquelle elles ont été soumises sous la couverture de glaciers, sous les dépôts desquels elles se trouvent.

Il est clair que toutes les traces des glaciers dans notre pays sont de l'époque quaternaire, mais on n'est pas encore d'accord au sujet du nombre des périodes glaciaires identifiables en Lithuanie, et il n'y a pas encore assez de données pour répondre d'une façon précise à cette question.

Par endroits, sur le parcours du fleuve Nemunas, on a trouvé sous la marne grise glaciaire, des dépôts stratifiés

(11) Latitude 55°8' Nord; longitude 24°-25°30' de Greenwich.

(12) Gornyi journal, 1880, t. I, p. 30.

(13) Latitude 53°40' Nord; longitude 24°15' Ouest de Greenwich.

extrêmement développés, mais sans traces de fossiles, si on n'y comprend pas les foraminifères, qui proviennent de la craie située plus profondément.

L'académicien Gelmerson (12) signale l'existence de gîtes de charbon glaciaire au-dessous de l'argile rouge glaciaire, près de Grodno (13), tandis que le géologue Guedroitz, qui a effectué des recherches dans ledit endroit, s'y oppose n'étant pas convaincu que la couche argileuse qui couvre le charbon, provienne des glaciers.

Près de Kaunas, à la partie inférieure de l'argile glaciaire, on a trouvé des morceaux de tourbe qui proviendraient probablement d'autres localités.

En quelques points du département de Grodno, on a trouvé des dents de mammoth dans le sable qui est surmonté par l'argile glaciaire (14).

Néanmoins, il serait hasardeux d'affirmer l'existence d'une période interglaciaire.

De même les dépôts, décrits précédemment, peuvent être considérés comme étant formés par les glaciers; ces derniers ont laissé par endroits des dépôts argileux, ailleurs des gisements contemporains de sables. En d'autres points, les couches furent partiellement entraînées par les eaux glaciaires. En conséquence, il faut procéder

(14) *Materiali dlia gueologui Rossii*, 1895, t. XVII, p. 120.

à la comparaison de tous ces dépôts avec beaucoup de prudence et pour résoudre le problème il faut attendre des données plus précises.

b) *Les dépôts sédimentaires (voir à la fin carte n° 2)*

La plus grande partie du pays, ainsi que je l'ai déjà dit plus haut, est couverte de dépôts glaciaires d'une assez grande épaisseur. Cependant, on peut trouver en quelques points, où ces formations sont plus minces, des dépôts sédimentaires. Pour les étudier, j'ai utilisé des données différentes, comme celles des explorateurs de l'avant-guerre, ainsi que celles du cabinet géologique de l'Université de Kaunas, et les résultats de différents forages et recherches opérés dernièrement dans le pays.

En me basant sur ces données, je vais énumérer les lieux où l'on trouve les dépôts sédimentaires.

Il y en a de diverses époques et on trouve :

1° Des dépôts sédimentaires de l'époque crétacique, sous forme de craie, sur les rives du fleuve Nemunas, près de la ville de Kaunas (15), ainsi qu'aux environs de Jurbarkas (16) et Skirsnemune (17) ;

(15) Latitude 54°50' Nord ; longitude 24°5' Ouest de Greenwich.

(16) Latitude 55°5' Nord ; longitude 23°15' Ouest de Greenwich.

(17) Latitude 55°7' Nord ; longitude 23°5' Ouest de Greenwich.

2° Des dépôts sédimentaires de l'époque jurassique du Callovien et de l'Oxfordien sur les rives de la rivière Venta près du village Papilé (18) sous forme d'argile noire riche en fossiles;

3° Des dépôts sédimentaires de l'époque permienne, sous forme de calcaire-zechstein, sur les rives de la rivière Dabikiné près des villages Akmené (19) et Sablauskai;

4° Des dépôts sédimentaires de l'époque dévonienne, sous forme des roches dolomitiques couvertes d'une mince couche de dépôts glaciaires, dans la région de la ville de Zagaré (20);

5° Enfin des dépôts sédimentaires de l'époque quaternaire, sous forme de tufs calcaires, sur les rives du fleuve Nemunas, près du village Nemunaiciai (21).

Au cours des recherches, nous avons constaté en outre la présence de dépôts sédimentaires plus profonds, que j'aurai l'occasion de décrire plus loin.

I. — LES DÉPOTS CRÉTACIQUES

Ces dépôts, comme je l'ai dit plus haut, sont visibles près de la ville de Kaunas (22) et sur les rives du fleuve

(18) Latitude 56°10' Nord; longitude 23°15' Ouest de Greenwich.

(19) Latitude 56°12' Nord; longitude 23°18' Ouest de Greenwich.

(20) Latitude 56°25' Nord; longitude 23°15' Est de Greenwich.

(21) Latitude 54°15' Nord; longitude 24°3' Est de Greenwich.

(22) Latitude 54°50' Nord; longitude 24°5' Ouest de Greenwich.

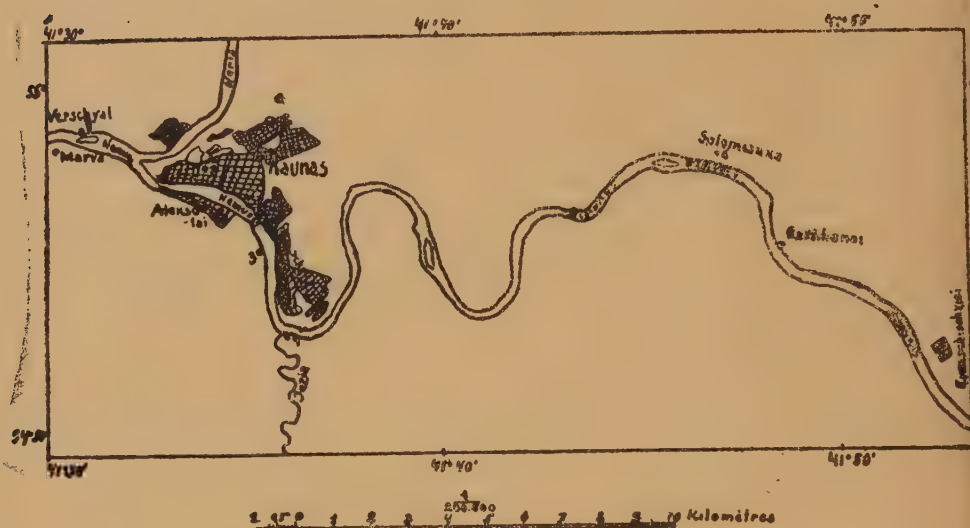
Nemunas, près du village Jurbarkas (23). Surmontés par les dépôts glaciaires, ils furent, en raison de leur caractère mou, très modifiés au temps des glaciers. Ainsi on constate, dans la zone de contact, de l'argile glaciaire dans la craie et inversement les couches argileuses sont partout mélangées avec celle-ci ; par endroits, elle y figure même sous forme d'inclusions d'une taille considérable.

La ville de Kaunas, aux environs de laquelle apparaissent, près de la surface, les dépôts de craie, est située dans la vallée creusée par les fleuves Nemunas et Neris (Vilija).

Avant la formation de cette vallée fluviale, cet endroit formait le fond d'un lac qui s'étendait, au delà du département de Kaunas, sur celui de Suwalki, ainsi que sur celui de Vilno. Les dépôts stratifiés de ce lac ont disparu dans les alentours de la ville, entraînés par les eaux, et les rives dénudées montrent à découvert des dépôts glaciaires ou des couches plus anciennes.

(23) Latitude 55°5' Nord ; longitude 23°15' Ouest de Greenwich.

carte Nr. 3



Carte des environs de la ville de Kaunas

Dans la ville elle-même, les forages effectués à une faible profondeur, ont donné les résultats suivants (24).

(Voir carte n° 3, forage 1.)

N° d'ordre	Caractère pétrographique	Épaisseur en mètre
1	Sable des dunes avec blocs erratiques.....	1,2
2	Marne glaciaire rouge, sableuse, qui renferme cependant des rognons de charbon, à la limite de la marne grise située au-dessous. Par endroits on y rencontre des morceaux de tourbe probablement d'origine étrangère	2,7
3	Marne glaciaire grise, qui passe plus bas au sable glaciaire.....	10,2
4	Argile rouge plastique sans blocs erratiques.	0,6
5	Sable blanc quartzeux.....	1,2
		15,9

(24) A. Guedroitz. Matériaux pour la géologie de la Russie. T. XVII, 1895, p. 234-235.

Dans cette coupe, nous insistons sur la présence de la tourbe, qu'on a trouvé dans la couche n° 2. C'est la même tourbe citée plus haut, et de sa présence on voulut conclure jadis à l'existence en Lithuanie d'une période interglaciaire.

La suite des couches donnée ici est assez caractéristique pour la ville même et pour la rive droite du Nemunas.

La coupe suivante, assez caractéristique de la rive gauche du Nemunas, résulte d'un forage effectué dans un faubourg de la ville de Kaunas, nommé Aleksotai (voir la carte n° 3, forage 2, page 22).

No d'ordre	Caractère pétrographique	Épaisseur en mètre
1	Marne glaciaire rouge sableuse.....	32,50
2	Sable glaciaire imprégné parfois par des quantités importantes d'hydroxyde de fer, et renfermant parfois des rognons de la marne grise glaciaire.....	8,40
3	Marne glaciaire, qui repose probablement sur la craie (ceci résultant de la présence de débris de craie situés sous une couche de la marne glaciaire un peu plus loin, près de la surface de l'eau dans le fleuve.	2,70
		43,60

Un autre forage effectué sur la même rive gauche de Nemunas, près du pont du chemin de fer (voir la carte n° 3, forage 3) montre déjà, sous une mince couche de dépôts glaciaires et fluviatiles, des gisements de craie, bien visibles aussi sur les nombreuses pentes dénudées

sur la rive gauche du Nemunas et sur les rives du fleuve Jesia. La suite des couches est la suivante :

No d'ordre	Caractère pétrographique	Epaisseur par mètre
1	Dépôts sableux du fleuve Nemunas.....	0,6
2	Craie friable	1,5
3	Craie friable blanche jaunâtre.....	1,2
4	Sable glauconieux	0,3
5	Craie avec silex.....	0,5
		4,1

Sur la rive droite de Nemunas, la craie apparaît près des villages Solomianka et Gastilionai (voir la carte n° 3), situés en amont, et près du village Marwos-Werschwai, en aval de la ville de Kaunas.

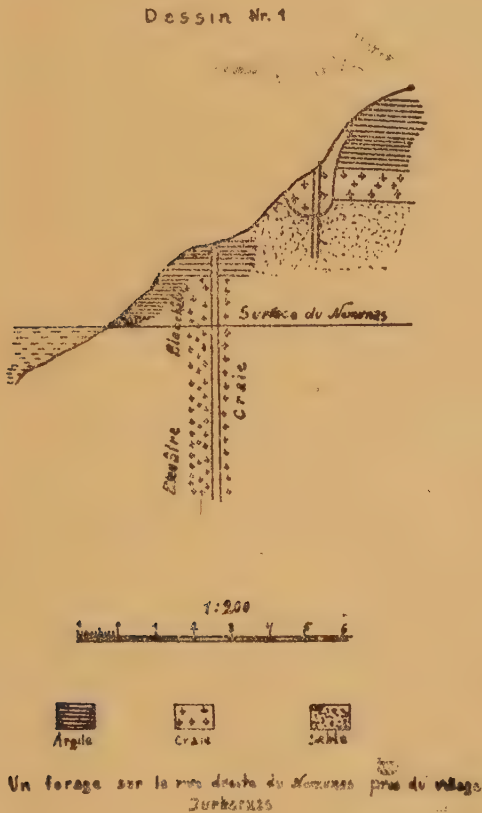
Les forages de 11 mètres, effectués ici, ont constaté la présence de la craie sur une profondeur de 0,5-1,0 mètre. Cette couche n'a pas été traversée et son contact avec les couches inférieures n'est pas connu.

Dans la partie spéciale de mon travail, concernant les calcaires lithuaniens, je donne des renseignements plus précis sur cette craie aussi que des analyses.

En descendant le long du fleuve Nemunas, on ne rencontre plus de craie et on ne voit plus à la surface que les dépôts glaciaires ou fluviatiles.

Les couches plus profondes ne sont pas connues, en raison de l'absence de forages. C'est probablement la même craie, qui figure plus bas parce que, un peu plus loin, à 100 km. de la ville de Kaunas, près des villages

Jurbarkas (25) et Skirsnemunė (26) (voir la carte n° 2) on rencontre d'abord une couche de grès crétacique, et près des villages mêmes, on trouve, aussi bien sur la rive gauche que sur la rive droite, de nouveau, des gisements de craie (dessin n° 1).



- (25) Latitude 55°5' Nord ; longitude 23°8' Ouest de Greenwich.
 (26) Latitude 55°7' Nord ; longitude 23°3' Ouest de Greenwich.

Couverte d'une mince couche de dépôts glaciaires, l'assise de craie se présente ici avec une grande épaisseur. Les forages de 20 mètres et plus, effectués ici, n'ont pas encore traversé cette couche.

On voit aussi le même phénomène dont j'ai parlé plus haut, et qui est caractéristique pour tous les dépôts mous couverts de dépôts glaciaires en Lithuanie ; la craie a été creusée profondément par les glaciers et dans la zone de contact est mélangée avec les produits glaciaires.

On trouve parfois dans cette craie des *Belemnites*, *Ananchytes ovata* et *Ostrea vesicularis* ; mais, en général, on rencontre très rarement des fossiles, ce qui tient probablement au procédé de forage. Les couches de la craie sont très compactes et on est obligé d'abord de les concasser avant de les ramener à la surface. Les fossiles sont remontés au jour entièrement détruits.

II. — LES DÉPOTS JURASSIQUES

Pas moins importants sont les dépôts jurassiques. Ces formations disposées sur les rives de la rivière Venta, près du village Papilé, ont fixé depuis longtemps l'attention des géologues.

M. Eichwald, professeur à l'Université de Dorpat, fut un des premiers à s'intéresser à cette question et, après la

publication de son premier travail (27), plusieurs géologues ont étudié les affleurements.

M. Léopold von Buch, professeur bien connu de l'Ecole des mines de Freiburg, désigne (28) ces endroits comme les plus remarquables des affleurements de dépôts sédimentaires de la Baltique.

L'importance de ces dépôts est reconnue par un très grand nombre d'observateurs qui ont travaillé là.

Il est intéressant d'en citer quelques-uns.

Après les travaux de M. Eichwald, en 1830, et de M. Léopold von Buch, en 1840, le Professeur Sokolow, qui fut un des meilleurs parmi les géologues russes, s'est occupé de cette question en vue de l'exploitation de gîtes de sidérose, qu'on trouve dans l'argile noire.

M. Georg von Pusch, Professeur à l'Université de Varsovie, a réuni une importante collection de fossiles, dont il fait mention dans son ouvrage (29).

Le géologue C. Grewingk (30), au cours de ses recherches destinées à l'examen des formations jurassiques situées près de Niegranden en Lettonie, a constaté au-dessous d'eux la présence de dépôts permien et l'absence

(27) E. Eichwald. Quotember, Band 2 Heft 4, Mitau, 1870, p. 3-4.

(28) L. v. Buch. Beiträge zur Bestimmung der Gebirgsformationen in Russland. Karsten archiv. Bd XV, 1841, p. 12.

(29) G. Pusch. Polens Paläontologie. Stuttgart, 1836.

(30) C. Grewingk. Geologie von Liv. Est und Kurland. Arch. f. Naturkunde Liv. Est und Kurlandes, 1861.

de dépôts triasiques ; cet auteur a également effectué des travaux en Lithuanie en vue de la vérification de ce fait.

Comme nous verrons plus loin, les dépôts triasiques manquent aussi en Lithuanie.

Parmi les allemands ayant travaillé pendant l'occupation, de 1915 à 1918, je citerai M. Wetzel (31) et M. Brinckmann (32). Ce dernier a coordonné le résultat de ses études faites sur les dépôts jurassiques de la Prusse orientale (Heilsborg), de la région de Memel, de Lettonie (Niegranden) et de la Pologne (Hohensalza et Loukow),

On voit, en somme, que ces dépôts ont attiré l'attention des géologues en vue des tâches les plus variées.

Je n'ai pas l'intention d'étudier ces formations dans le présent travail, parce qu'elles méritent des recherches et une étude spéciale détaillée; cependant, je veux, pour en donner une idée exacte, citer la suite des couches constatées pendant l'expédition géologique de l'Université de Kaunas en 1926 au moyen des forages et des carrières (33).

(31) M. Wetzel. Zur Stratigraphie der Juraablagerungen von Popilany. Zentralblatt f. Min. 1919.

(32) R. Brinckmann. Der Dogger und Oxford des Südbaltikums. Irb. d. Preuss. geol. Landesanst., 1923, Bd. 44.

(33) Lictuvos 1926 metu ekspedicijos darbai. Kaunas, 1928.

No d'ordre	L'épaisseur de la couche en mètre.	Caractère péetrographique	Fossiles signalés
1	0,5-1,0	Terre végétale	Fossiles nombreux
2	0,25-0,3	Grès gris-brun limoniteux, accompagné de sidérose et de marne. La couche passe peu à peu à un grès plus clair accompagné de mica.	Holasteridæ, Pholadomya, Modiola, Perisphinctes, Unicardium, Pleurotomaria, etc...
3	épaisseur pas établie	Sable fin d'une couleur sombre à l'état humide et gris à l'état sec.	Gryphaea, Perisphinctes, Astarte, Cardioceras, Pleurotomaria, Macrodon, Pholadomya, Pinna.
4	0,15-0,2	Sidérose gris sombre.	Pas de fossiles.
5	4,0	Argile noire sableuse mêlée de mica. On trouve par endroits des inclusions de calcite et de pyrite.	Pinna, Pholadomya, Belemnites, Cardioceras.
6	0,15-0,2	Grès limoniteux mou et brun par endroits de sphérules de sphérosidérose et de pyrite.	Presque sans fossiles.
7	0,3-1,0	Argile noire.	Belemnites. Des grandes Ammonites (Cardioceras excavatum. Quenstedticeras).
8	1,0-1,25	Conglomérats organiques formés par la pétrification de	Rhynchonella. Isocardium, Cosmoceras, des morceaux de bois et enfin un sable brun-jaunâtre ou gris (bleu à l'état humide).

N ^o d'ordre	L'épaisseur de la couche en mètre.	Caractère péetrographique	Fossiles signalés
9	0,25-0,35	Calcaire limoniteux gris ou brun plus ou moins sableux, suivant les endroits.	Les mêmes fossiles que dans la dernière couche.
10	0,9-1,2	Sable argileux brun ou gris ; par endroits des sphérules de sphérosidérose et de pyrite.	Gryphaea, Trigonina.
11	0,3-0,4	Sable argileux brun. On y rencontre des fragments de coquilles.	Trigonina.
12	1,7	Sable argileux clair et brunâtre.	Beaucoup de débris de Isocardia, Gryphaea, Rhynchonella.
13	0,45	Sable limoniteux, d'un brun rude.	Les mêmes fossiles.
14	0,85	Sable argileux gris brunâtre avec des fossiles mal conservés.	
15	0,9	Sable brun accompagné de nombreuses sphérules de grès limoniteux et par endroits des morceaux d'argile.	Gryphaea, Rhynchonella, Belemnites, Crinoides, Perisphinctes.
16	0,15	Conglomérat organique, brun - jaunâtre avec	Trigonina, Belemnites, Perna.

Les données ci-dessus ont été fournies par des fouilles et sondages. celles qui vont suivre résultent de forages récents.

N. d'ordre	L'épaisseur de la couche en mètre.	Caractère pétrographique	Fossiles signalés
17	3,7	Sable fin jaune, qui passe au gris dans les parties inférieures. On rencontre de rognons d'argile noire.	Pas de fossiles.
18	2,4	Sable argileux gris sombre.	
19	1,8	Sable argileux gris avec rognons sombres	» »
20	épaisseur pas établie	Partie d'argile noire.	» »
21	0,2-0,55	Sable foncé mêlé d'ar- gile.	» »
22	1,5-2,5	Argile noire.	» »
23	0,4-0,5	Argile mélangée d'un gris brunâtre. Plus bas on trouve la mar- ne bariolée, qui repose probablement sur le Zechstein du Permien.	» »

Les données de la coupe des dépôts jurassiques à Papilé, sont loin d'être précises. Il faut les considérer seulement comme un guide pour les études plus exactes.

L'épaisseur de quelques couches n'est pas déterminée, mais nous insisterons sur l'existence dans presque toutes

les couches de fossiles bien conservés, qui incitent à de nouvelles recherches.

Bien que l'on n'ait pas déterminé quelles sont les couches sous-jacentes, cependant on est fondé à admettre, aussi d'après les données des autres forages, que les dépôts jurassiques reposent ici probablement directement sur ceux du Permien (la marne bariolée, qui recouvre à son tour le zechstein).

C'est le même phénomène qu'a constaté M. G. Grewingk, au cours de ses recherches sur les dépôts jurassiques en Lettonie près de Niegranden. Ainsi à Papilé, comme à Niegranden, on ne trouve pas de trias sous le jurassique.

L'expédition géologique a cherché en vain ces dépôts triasiques au NO de Papilé entre celui-ci et le village Akmené où on constate des affleurements de dépôts permien.

III. — LES DÉPÔTS PERMIENS

Les dépôts permien de Zechstein apparaissent alors près du village Akmené (34), et montrent une inclinaison distincte vers le SE. Ils sont surmontés par une mince couche de dépôts glaciaires, et disparaissent ensuite sous

(34) Latitude 50°15' Nord ; longitude 23°25' Ouest de Greenwich.

la marne bariolée, qu'on rencontre à Papilé sous les dépôts jurassiques.

Pour se faire une idée nette de l'inclinaison et de la direction des dépôts permien, il sera intéressant de comparer les données des forages différents, effectués en divers points du pays et au cours desquels on a rencontré ces formations.

On les trouve :

A Palanga (35) — 49,5 mètres au-dessous du niveau de la mer ;

A Kaunas (36) — 51,0 mètres au-dessous du niveau de la mer ;

A Purmallen (37) — 89,0 mètres au-dessous du niveau de la mer ;

A Klaipeda (38) — 113,0 mètres au-dessous du niveau de la mer ;

Tandis qu'à Schiauliai (39) + 53,0 mètres au-dessus du niveau de la mer.

En présentant alors par des lignes sur le dessin n° 2, les données des principaux forages faits dans le pays, nous voyons nettement la disposition (inclinaison et direction) des sédiments et surtout ceux du Permien.

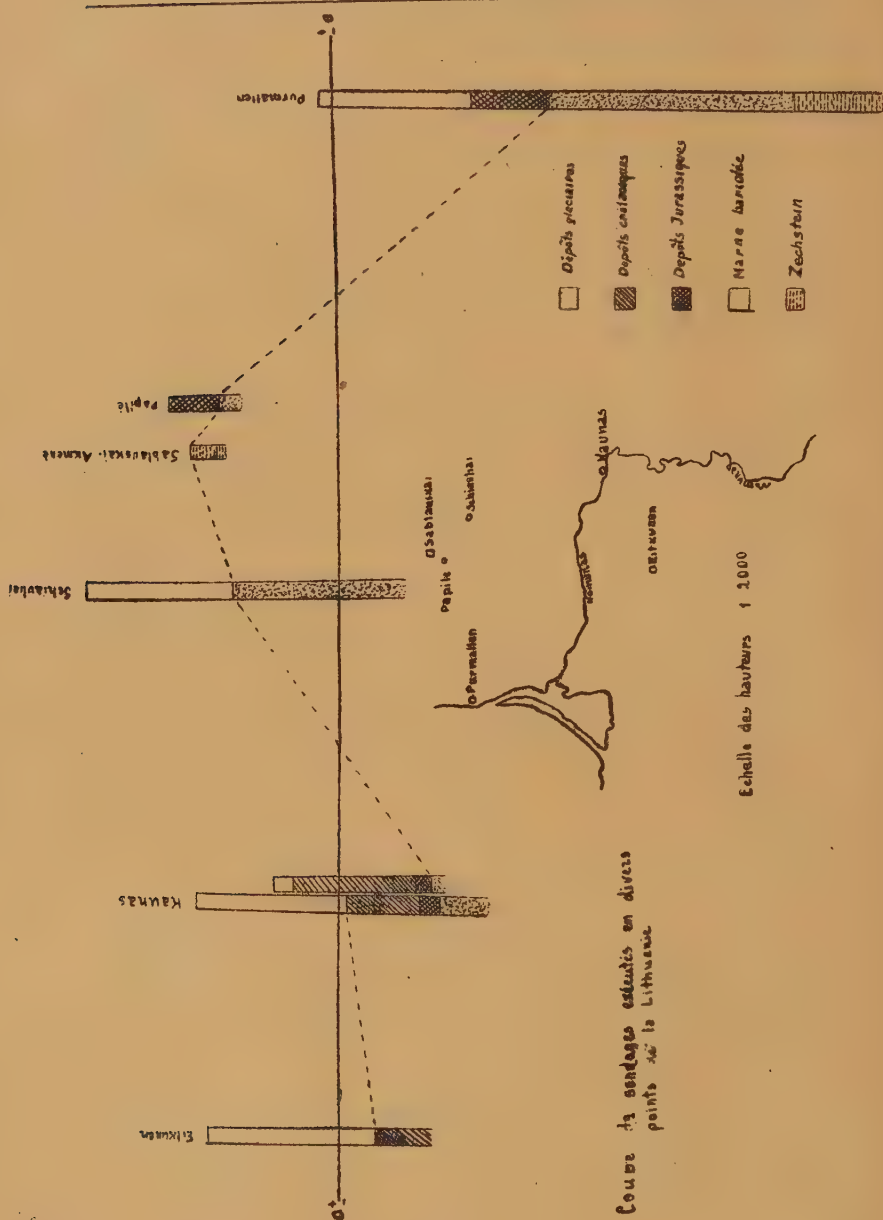
(35) Latitude 56°7' Sud ; longitude 21°2' Est de Greenwich.

(36) Latitude 54°50' Nord ; longitude 24°5' Ouest de Greenwich.

(37) Latitude 56°25' Nord ; longitude 22°8' Est de Greenwich.

(38) Memel. Latitude 56°15' Sud ; longitude 21°5' Est de Greenwich.

(39) Latitude 56°5' Sud ; longitude 23°12' Est de Greenwich.



On voit que tous les dépôts sédimentaires ont probablement une inclinaison du Nord vers le Sud suivant la direction N.-S. et de l'Est vers l'Ouest suivant la direction E.-W.

IV. — LES DÉPOTS DEVONIENS

En se dirigeant vers le NE du village Akmené près du village Zagaré (40) on trouve, sous une mince couche de dépôts glaciaires, des gisements de dolomie devonienne, dont la disposition n'est pas encore parfaitement connue. On ne sait pas encore l'épaisseur de cette formation en raison de l'absence de forages. Pourtant il faut admettre, d'après les données reçues pendant l'exploration, que ces gisements n'ont pas une étendue très grande. On les constate encore près du village Skaisgiris (41); plus au sud, on ne les trouve plus.

On peut admettre qu'ils sont soumis à l'inclinaison générale et se cachent ensuite vers le sud, sous les dépôts permien, sous lesquels on a des chances de les trouver près du village Akmené.

A ce propos nous allons dire quelques mots de la question de l'origine des gîtes de gypse, qu'on trouve dans le

(40) Latitude 56°25' Nord; longitude 23°15' Est de Greenwich.

(41) Latitude 56°20' Nord; longitude 23°20' Est de Greenwich.

nord de la Lithuanie près du village de Birzai (42), et qui occupe depuis longtemps les géologues.

Les couches de gypse ont une épaisseur de dix mètres et plus, et par conséquent ont une valeur industrielle considérable. Pourtant les explorateurs ne sont pas encore d'accord au sujet de leur âge. Tandis que sur la carte géologique de la Russie, elles sont considérées comme d'âge devonien, les géologues lithuaniens (43) sont d'avis qu'elles appartiennent à l'époque permienne. Tant que ces gisements ne seront pas bien étudiés il sera difficilement possible de répondre de façon précise à cette question. Mais la solution du problème éclairerait vivement les rapports mutuels des dépôts sédimentaires du nord du pays.

V. — LES DEPOTS QUATERNAIRES

Il reste encore à décrire, parmi les autres roches sédimentaires qu'on trouve dans la Lithuanie, les tufs calcaires qu'on rencontre sur les rives du Némunas, près du village Némunaiciai (44). Ils sont d'âge quaternaire, produits par les sources très nombreuses dans cette région, et se présentent souvent en couches d'une épaisseur considérable.

(42) Latitude 56°27' Nord ; longitude 24°10' Est de Greenwich.

(43) Lictuvos geologinės ekspediejos apyskaita. Kaunas 1929.

(44) Latitude 54°15' Nord ; longitude 24°3' Est de Greenwich.

Les données plus détaillées, ainsi que les analyses figurent plus loin dans la partie spéciale de cet ouvrage.

Les autres dépôts d'âge quaternaire, comme le sable, n'ont pas encore été étudiés; c'est pourquoi, malgré leur importance, nous ne les décrirons pas dans le présent travail.

CONCLUSIONS

Dans l'exposé que je viens de faire, je me suis efforcé de recueillir toutes les données qu'on a sur la géologie lithuanienne, pour présenter un aspect général de la surface et des roches aussi complet et net que possible.

Beaucoup de problèmes ne sont pas encore résolus; ainsi, par exemple, on ne sait pas encore établir sur la carte géologique, même d'une façon approximative, les limites des roches situées sous la couverture glaciaire. On ne s'est pas encore mis d'accord sur l'origine du gypse de la localité Birzai-Pasvalys, qui peut provenir de l'époque permienne, aussi bien que de l'époque devonienne.

Les dépôts jurassiques et crétaciques sont ceux qui furent les mieux étudiés jusqu'à présent, tandis que les dépôts permien et devonien sont moins bien connus et, comme je l'ai dit déjà, il faudra beaucoup de travail avant de pouvoir établir la carte géologique de la Lithuanie.

Les Calcaires

§ 3. — LES CALCAIRES

Le calcaire est la roche la plus répandue que l'on trouve en Lithuanie, aussi bien dans les dépôts permiens, comme le zechstein, que dans les dépôts crétaciques, comme la craie et dans les dépôts quaternaires, comme le tuf calcaire.

Etant donné l'importance qu'il faut attacher à cette roche, j'ai consacré le temps de ma participation aux expéditions géologiques à son étude. J'ai recueilli le plus grand nombre possible d'échantillons des différentes localités que j'ai cité plus haut, afin de les étudier et de les analyser, en vue d'apporter par le présent travail une contribution aussi large que possible à leur connaissance; leur importance s'accroît encore du fait de leur adaptation possible aux services industriels comme matière première pour la fabrication du ciment et de la chaux.

Malheureusement l'état embryonnaire du développement de la géologie lithuanienne et les forages beaucoup trop rares ne m'ont pas permis d'étendre mes étu-

des d'une manière aussi large et profonde qu'il eût été désirable de le faire. Ce n'est que dans quelques endroits où les forages (allant au maximum à 25 mètres de la surface) ont été effectués, que j'ai pu explorer le sous-sol, tandis qu'ailleurs je fut obligé de me contenter d'une faible profondeur et de dénudations naturelles. Pourtant j'espère que les données que j'ai recueillies dans le présent travail enrichiront ce domaine de la science et seront utilisées avec profit pour les travaux ultérieurs.

Je ne m'occupe pas des calcaires que l'on trouve, ainsi que je l'ai fait remarquer déjà dans l'aperçu général, parmi les dépôts glaciaires. Ces calcaires sont d'une provenance accidentelle et apportés par le passage des glaciers. Il ne sont pas d'une grande importance, puisque leur présence n'est pas régulière, et j'ai cru mieux faire de ne pas les étudier. Quand on explorera les dépôts glacières, ils joueront sans doute un rôle marquant pour montrer les chemins des glaciers, ainsi que pour indiquer leurs étapes.

A) La naissance des Calcaires

La pétrographie considère les roches calcaires comme provenant en partie de la cristallisation directe de solutions aqueuses, mais plus généralement d'une origine organique.

Les agents atmosphériques, comme l'eau et l'air, démolissent au cours de milliers d'années les roches primaires formées pendant le refroidissement de la terre et la formation d'une croûte solide. Ensuite, suivant différentes modalités, que j'examinerai plus loin, les roches subissent un changement de constitution et de forme les conduisant à l'état sous lequel on les trouve actuellement.

L'eau est l'agent le plus important; son évaporation au commencement du cycle qu'elle parcourt est d'une importance capitale comme nous le voyons, d'après les données apportées par le tableau suivant, que j'emprunte à M. Keilhack (1).

Nous y trouvons les quantités d'eau évaporées le long du cours de différents fleuves.

(Voir tableau ci-contre)

(1) M. Keilhack. Lehrbuch der Grundwasser und Quellenkunde, p. 90.

Latitude de l'embouchure	Dénomination des fleuves	Superficie du bassin d'alimentation en milles angl. carrés.	Quantité d'eau de pluie annuelle en cubes de mille angl.	Eau emportée annuellement par le fleuve en cubes de mille angl.	Eau qui s'imbibe et s'écoule en 0/0.	Eau évaporée en 0/0
50-60° N	Le Rhin	32.600	19.500	10.100	51,8	48,2
	Oder	51.100	14.700	2.500	17,0	83,0
	Nemunas (Niemen)	36.450	10.355	3.783	26,5	63,5
	Vistule	65.800	19.908	5.657	28,3	71,7
40-50° N	Saint Laurent	565.200	338.967	87.312	25,8	74,2
	Danube	320.300	198.736	67.511	33,9	66,1
	Pô	27.100	23.887	13.322	55,7	44,3
	Volga	592.300	152.384	43.736	28,8	71,2
	Seine	23.250	10.266	5.469	53,3	46,7
	Rhône	34.850	22.439	14.066	62,7	37,3
	Dniepr	197.450	56.093	22.195	39,5	60,5
	Loire	42.600	18.218	7.818	42,9	57,1
	Dniestr	30.900	8.792	3.274	37,2	62,8
30-40° N	Yang-tsé-Kiang	689.100	408.872	125.043	30,6	69,4
	Hoang-ho	387.750	117.711	28.591	24,3	75,7
	Nil	1.293.050	892.120	24.334	2,7	97,3
	Pei-ho	65.000	22.354	1.650	7,3	92,7
20-30° N	Mississippi	1.285.300	673.061	125.603	18,6	81,4
	Rio-Grande	232.300	113.655	12.676	11,2	88,8
	Indus	360.050	104.416	26.032	25,0	75,0
	Gange	588.450	548.702	43.263	6,9	93,1
10-20° N	Magdalène	92.900	116.747	59.451	51,0	49,0
	Irawadi	181.950	180.849	82.299	45,5	54,5
	Kistna	81.300	61.025	14.776	24,1	75,9
	Godavery	154.850	95.924	16.841	17,5	82,5
0-10° N	Orinoco	429.700	603.397	122.242	20,2	79,8
Equateur	Amazone	2.229.909	2.833.830	527.951	18,6	81,4
0-10° S	St-Francisco	212.909	218.459	22.197	10,2	89,8
	Congo	1.540.800	1.213.044	419.291	34,5	65,5
20-30° S	Orange	267.150	50.913	21.875	43,1	56,9
30-40° S	Olifant	14.300	2.472	0.697	27,4	72,6
Moyenne					20,9	79,1

Il ressort de ce tableau qu'une grande partie de l'eau des fleuves s'évapore le long de leur parcours; le cas extrême nous est fourni par le Nil qui perd ainsi 97 % de son eau. Si on ajoute à ces données les quantités d'eau évaporées par les surfaces des mers et des océans, on voit bien quelles masses d'eau considérables se retrouvent quotidiennement dans l'atmosphère et, après avoir été condensées, nous reviennent sur la terre sous forme de pluie, neige, etc.

L'eau dissout en cours de ce cycle des gaz atmosphériques, dont les plus importants sont le CO_2 , O_2 et N_2 .

On sait que l'eau, comme dissolvant, se comporte différemment suivant les gaz et les autres facteurs indépendants, comme la pression et la température. Le tableau suivant, dû à M. Keilhack nous le démontre d'une façon très précise.

Volumes de gaz dissous par un volume d'eau sous la pression atmosphérique à différentes températures.

Vol de gaz	10°	15°	20°
O_2	0,03250 = 1	0,02989 = 1	0,02838 = 1
N_2	0,01607 = 0,5	0,01607 = 0,49	0,01403 = 0,49
CO_2	1,1847 = 36,4	1,0020 = 33,5	0,9014 = 31,8

Nous y constatons d'abord, que l'eau dissout d'autant moins de gaz que la température est plus élevée, et qu'en même temps elle se comporte différemment pour chacun des gaz énumérés dans le tableau.

L'eau dissout 31,8 volumes de CO_2 à 20°, tandis qu'elle

ne dissout qu'un volume de O_2 à cette même température. On trouve alors d'après les données de M. Keilhack, dans l'eau de pluie 19 volumes CO_2 pour 1 vol. de O_2 ; de la sorte l'eau de pluie, en arrivant au sol, est fortement enrichie en gaz carbonique. Puis une partie de l'eau se réévapore avant même d'atteindre la surface de la terre, une deuxième partie coule sur la surface ou tombe directement dans les mers, fleuves, etc., tandis que la dernière partie s'imbibe et s'infiltré.

Les proportions de cette répartition des eaux sont difficiles à préciser, étant donné qu'elle varie énormément avec la température, la nature du terrain et avec un grand nombre d'autres facteurs.

La partie de l'eau qui nous intéresse le plus au point de vue de la question que j'étudie est celle qui s'imbibe dans la terre. Pour y pénétrer l'eau profite des pores ou vides, qui existent toujours dans le sol. On appelle primaires les vides qui proviennent du temps du refroidissement de la masse terrestre, sous l'influence de dégagements gazeux, et secondaires les vides qui proviennent, soit de diaclases, soit de la décomposition des matières organiques végétales ou animales.

Ces vides forment parfois une partie importante des roches et leur volume s'élève, selon M. Koehne, à 35 %

(2) Prof Koehne Grundwasserkunde. Stuttgart, 1928, p. 25.

du volume total pour le sable, 50 % pour l'argile et à 90 % pour la tourbe.

Pour les roches dures, la surface des vides est ordinairement plus limitée et parmi les roches, qu'on appelle imperméables, on en distingue qui n'ont pas de pores du tout, ce qui est le cas plus rare, et d'autres où les pores sont d'une telle petitesse, qu'ils retiennent l'eau par capillarité. La circulation de celle-ci, dans le dernier cas, est si lente qu'on ne l'aperçoit pas à l'œil nu et ceci nous fait supposer l'imperméabilité.

Les pores en général ne restent pas toujours stables et leurs dimensions et formes changent continuellement sous l'action de divers facteurs. Ce n'est que dans le sable, dans la zone morte (où toute vie végétale et animale est impossible), que les pores conservent presque continuellement leurs volumes respectifs.

L'eau pénètre alors dans la terre par les voies qui lui sont les plus propres, pour procéder ensuite à toute une série d'opérations physiques et chimiques avant de rejoindre les nappes d'eau souterraines.

L'oxygène apporté par l'eau oxyde sur son passage les différents corps organiques, végétaux aussi bien qu'animaux, ce qui enrichit encore plus l'eau en gaz carbonique. D'après MM. Boussingault et Lévy (3) l'air d'un sol riche en humus contient 690 fois plus de CO_2 , que celui de l'atmosphère, et l'eau qui était loin d'être saturée de

CO² avant sa rentrée dans le sol y devient, après un certain séjour, saturée et c'est cette eau qui attaque les roches. Son action peut être résumée par les effets suivants :

1° Dissolution;

2° Réactions et modifications chimiques;

3° Un ramollissement mécanique et par suite une augmentation du volume.

M. Bischoff, dans sa géologie physico-chimique, prétend qu'un minéral, qui n'est pas apte à absorber l'oxygène, le CO² ou l'eau ne devrait jamais pouvoir être réduit. En réalité, la pratique montre que tous les éléments composants les roches peuvent être dissous plus ou moins par l'eau chargée de CO² et, même à la longue, les silicates s'y dissolvent.

D'après M. Fresenius (3) l'eau débarrassée de CO² dissout : 10.000 parties de l'eau 0,343 parties de CO² Ca.

D'après Graham, Müller et Hoffmann (3) et en général on admet que 10.000 parties de l'eau dissolvent 0,316 parties de CO² Ca.

A l'inverse prenant le cas, d'une eau acidulée par le CO², il faut constater que 10.000 parties de l'eau dissolvent 10 parties de CO² Ca, c'est-à-dire dans le dernier cas 31 fois plus que dans le cas précédent.

(3) Rosenbusch. Osann. Die Elemente der Gesteinslehre. Stuttgart, 1923.

Pour la solubilité des autres sels, il faut constater que :
10.000 parties d'eau acidulée par CO_2 dissolvent :

13,1 parties de $\text{CO}^3 \text{Mg}$;

7,2 — $\text{CO}^3 \text{Fe}$;

4,5 — $\text{CO}^3 \text{Mn}$.

Mais, comme je l'ai déjà dit plus haut, l'action de l'eau ne se borne pas exclusivement à la dissolution; il faut attribuer une grande importance aussi à la décomposition des roches par l'eau chargée de CO_2 . Ils se forme ainsi :

a) Des produits inactifs;

b) des produits qui activent eux-mêmes dès leur formation la destruction de la roche commencée par l'eau acidulée par CO_2 .

On compte beaucoup de produits différents et il est intéressant d'en citer quelques-uns.

$\text{CO}^3 \text{K}^2$ et $\text{CO}^3 \text{Na}^2$: produits de la décomposition de silicates d'aluminium, potassium ou sodium, facilitent par leur présence la dissolution du silicium amorphe et la décomposition des silicates magnésiens-calciques et alumino-alcalins.

$(\text{CO}^3)_2 \text{Ca H}^2$: produits par la dissolution du calcaire par l'eau chargée de CO_2 contribue aussi, selon M. Bischoff, à la décomposition de silicates alumino-potassiques ou sodiques.

$\text{CO}^3 \text{Mg}$: se trouve dans les dolomies et sa solution facilite la dissolution de $\text{Fe}(\text{OH})^3$.

$\text{SO}^4 \text{Ca}$: se trouve à l'état naturel sous forme de gypse et agit comme dissolvant du $\text{CO}^3 \text{Mg}$, suivant la réaction, qui substitue le calcium au magnésium en donnant $\text{SO}^4 \text{Mg}$ et $\text{CO}^3 \text{Ca}$.

NH^3 : produit de la décomposition des matières organiques, contribue, en présence de l'eau chargée de CO^2 , à décomposer le phosphate tricalcique $(\text{PO}^4)^3 \text{Ca}^3$.

Les acides humiques forment avec le $\text{Fe}(\text{OH})^3$ des corps insolubles dans l'eau. Ils se combinent aussi avec les alcalis et c'est sous cette forme qu'on les trouve presque toujours dans le sol. Ils décomposent alors le calcaire en formant un humiate acide de potassium.

Après toute une série d'opérations l'eau atteint enfin, enrichie de divers sels qu'elle dissout en cours de route, la nappe d'eau souterraine.

D'après la définition de M. Kôhler l'eau souterraine correspond à l'ensemble de l'eau contenue dans les pores du sol, qui peut sortir à la surface de la terre en conservant son état liquide. Au-dessous de ces eaux tous les pores sont imbibés et l'eau d'imbition ne disparaît que dans le cas où sous l'action d'une pression exagérée, les pores ont eux-mêmes disparu. Ceci se produit à environ 100 mètres de profondeur pour les roches cristallines,

et à 600 mètres et même 2.000 mètres de profondeur pour les roches poreuses.

En général, les nappes d'eaux souterraines ont une inclinaison qui engendre justement le mouvement, et l'eau se déplace toujours suivant la ligne de moindre résistance. Au cours de ces déplacements l'eau continue son œuvre de destruction, ou plutôt de décomposition, de telle sorte qu'elle s'enrichit de plus en plus en matières dissoutes.

A la pression atmosphérique, quand elle se retrouve à la surface de la terre, cette eau subit une évaporation suivie d'une concentration de la dissolution et d'une volatilisation de quelques gaz (CO^2), ce qui explique facilement les dépôts constatés sur les parcours des eaux dès leur sortie à la surface. Le bicarbonate de calcium instable, se décompose en libérant le CO^2 . Il se forme le $\text{CO}^3 \text{Ca}$ qui, peu soluble, se dépose en partie et forme les tufs calcaires; ceux-ci enrobent les plantes et les pierres et forment de véritables roches.

En continuant sa route l'eau souterraine aboutit aux fleuves et mers, d'où le cycle (évaporation, pluie, dépôts, etc.), recommence.

Le calcaire est justement un des corps les plus importants qu'on trouve parmi les dépôts des eaux. En examinant attentivement, même à l'œil nu, on constate qu'il

renferme, en dehors du ciment (de provenance inorganique), des coquilles marines (mollusques, etc.).

D'ailleurs l'eau de mer renferme trop peu de $\text{CO}^3 \text{Ca}$ (0,21 %) pour pouvoir donner naissance aux énormes dépôts de calcaires qu'on trouve sur le lit des anciens océans.

Quant au carbonate de calcium d'origine inorganique, il ne se forme pas seulement en précipitant de la dissolution dans l'eau, mais, d'après Murray, Steimann et Irwing, à la suite de la réaction suivante.

L'eau renferme en proportion beaucoup plus élevée que celle du carbonate de calcium, le plâtre (CaSO^4) et le chlorure de calcium [$(\text{Cl}^2 \text{Ca})$ -3,9 %]. Sous l'action de la décomposition des albumines et des corps des animaux dans la mer, il se produit l'ammoniaque qui donne, sous l'influence de l'acide carbonique, le carbonate d'ammonium ($\text{CO}^3 (\text{NH}_4)_2$). Ce dernier se combine avec le $\text{SO}^4 \text{Ca}$ et le $\text{Cl}^2 \text{Ca}$ en donnant lieu ainsi à la production calcaire.

Dans les eaux subtropicales ce sont les bactéries nitreuses qui prennent ainsi une part active à ces réactions. Elles transforment l'azote de l'air en ammoniaque, qui donne ensuite par réaction du carbonate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}^3$ sur le gypse et chlorure de calcium, le carbonate de calcium ($\text{CO}^3 \text{Ca}$).



Pourtant le calcaire inorganique n'est en somme qu'une partie seulement des dépôts que l'on trouve; la plus grande partie est d'origine organique, due aux animaux marins avec coquilles qui après leur mort tombent au fond. A la longue les corps organiques disparaissent et les coquilles forment, cimentées par le $\text{CO}^2 \text{ Ca}$ d'origine inorganique, les immenses dépôts marins qu'on trouve actuellement.

La question de l'origine du carbonate de chaux utilisé par les animaux pour former leurs coquilles reçoit une explication par la présence dans le sang des animaux de chlorure de sodium (NaCl), qui se combine avec le $\text{SO}^4 \text{ Ca}$ et $\text{Cl}^2 \text{ Ca}$ en présence de CO^2 et forme le carbonate de calcium ($\text{CO}^3 \text{ Ca}$) dont les animaux ont besoin.

Très souvent ces dépôts de calcaires organiques recristallisent et ils perdent leur structure organique; ce qui fait supposer que même des dépôts inorganiques peuvent être dus en réalité à des dépôts organiques qui ont subi une recristallisation.

B) Les Calcaires de la Lithuanie

I. — LES DÉPÔTS CRÉTACIQUES

Parmi les calcaires lithuaniens, ce sont les dépôts de la craie qui sont les plus importants et les plus connus. Ces dépôts sont disposés sur les rives des fleuves Nému-

nas et Jezia, près de la ville de Kaunas (4) et sur celles du même Némunas près du village de Jurbarkas (5).

Les études microscopiques m'ont permis de constater la présence de corps inorganiques (grains de sable, etc.), avec lesquels on distingue des spicules de Protozoaires. Pourtant il est difficile de désigner exactement quels sont les Protozoaires qui ont participé à la formation de la roche; ceci tient à ce que les échantillons fournis par les forages ont été trop broyés pour nous permettre de reconstituer leur aspect général. Ce broyage est la conséquence de la grande compacité de la roche, qu'on est obligé de concasser avant de faire monter les échantillons.

Au point de vue chimique je les ai analysés suivant la méthode employée pour les silicates.

Echantillon N° 1.

A l'endroit où a été prélevé l'échantillon, la craie (forage effectué au sud de la ville de Kaunas, sur la rive gauche du Némunas, près de l'embouchure du Iesia, au voisinage du pont du chemin de fer) est couverte par une couche de 0 m. 65 d'épaisseur de dépôt d'argile glaciaire.

Le forage a été exécuté par l'expédition géologique de

(4) Latitude 55°10' Sud ; longitude 24°5' Ouest de Greenwich.

(5) Latitude 55°7' Nord ; longitude 23°3' Ouest de Greenwich.

l'Université de Kaunas en 1924 (page 22, carte N° 3, forage N° 4).

La craie blanche, de 0,65 à 7 mètres de profondeur, analysée, a montré la constitution suivante :

Humidité	1,11 %
SiO ²	11,33 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	3,52 —
CaO	46,1 —
MgO	0,92 —
CO ²	36,6 —
SO ³	0,32 —
	99,90 %

Echantillon N° 2 (même forage que N° 1).

La craie blanche, plus foncée, de 7,6-11 mètres de profondeur a accusé une proportion importante d'impuretés. On y trouve :

Humidité	3,06 %
SiO ²	18,20 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	8,89 —
CaO	38,4 —
MgO	0,73 —
CO ²	30,00 —
SO ³	0,70 —
	99,98 %

27,3 % de cette craie est insoluble dans l'acide chlorhydrique étendu.

Echantillon N° 3.

La craie, provenant d'un forage de 11 mètres de profondeur effectué dans la localité de Marvos-Werschwai à l'ouest de la ville Kaunas (voir la carte N° 3, forage N° 5), est, en ce point, couverte par une couche d'argile glaciaire de 0 m. 5 d'épaisseur.

La partie du forage de 0,5-6,6 mètres a montré la composition suivante :

Humidité	1,96 %
SiO ²	12,30 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	5,85 —
CaO	43,00 —
MgO	1,18 —
CO ²	35,00 —
SO ³	0,19 —
	99,48 +

17,15 % sont insolubles dans HCl étendu.

Echantillon N° 4 (même forage que 3) :

Au delà de 6,6 mtr. la craie devient plus foncée et accuse une forte proportion d'impuretés. Elle a la composition :

Humidité	3,88 %
SiO ²	46,12 —
Fe ² O ³ +Al ² O ³	19,53 —
CaO	16,40 —
MgO	0,40 —
CO ²	13,00 —
SO ³	0,27 —
	99,60 +

Echantillon N° 5:

La craie, prélevée dans un forage à l'est de la ville Kaunas, sur la rive gauche du Némunas, est surmontée par une couche d'un mètre d'épaisseur d'argile glaciaire, et montre la composition suivante (voir le forage carte N° 3, forage N° 6) :

Humidité	1,5 %
SiO ²	12,76 —
Fe ² O ³ +Al ² O ³	4,18 —
CaO	44,15 —
MgO	0,64 —
CO ²	36,15 —
SO ³	0,27 —
	99,65 %

18,15 % sont insolubles dans HCl étendu.

D'après ces résultats on voit que la craie des couches

supérieures de Jezia, Solomianka et Marvos-Werschwai est presque identique. Dès qu'on dépasse à Marvos-Werschwai la profondeur de 6,6 mètres on trouve une craie de composition entièrement différente, et il faut supposer qu'on est en présence d'une autre série de dépôts. N'ayant pu arriver à trouver de fossiles, on ne peut rien dire de plus précis.

D'après les analyses énumérées plus haut, il faut cependant constater qu'en général la teneur en CaO va en diminuant avec la profondeur, en même temps que la proportion d'éléments étrangers sous forme de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 augmente.

La couche la plus riche en CaO est celle qui est disposée sur les rives du Jezia au sud et au sud-ouest de la ville de Kaunas; tandis que l'échantillon de la couche supérieure accuse une teneur de 46 % de CaO , cette dernière n'est plus que de 38 % sur une profondeur de 7,6-11 mètres.

A Marvos-Werschwai, au nord-ouest de Kaunas, on ne trouve guère plus de 43 % de CaO , et celle-ci tombe à 16,4 % au delà de 6,6 mtr. de profondeur; ceci fait supposer qu'une couche identique existe près du Jezia, où elle se trouverait à une profondeur dépassant toutefois les 11 mètres que j'ai pu explorer par le forage.

Ceci semble confirmer l'hypothèse, que je fis dans l'aperçu général sur la géologie lithuanienne, en admet-

tant que les roches sédimentaires sont en couches inclinées du N. vers le S.

Entre la ville de Kaunas et les environs des villages Jurbarkas-Skirsnemuné, sur la rive droite du Némunas, on ne rencontre presque pas de craie à la surface et dans les nombreux affleurements. Près de ces villages on retrouve de nouveau la craie sur les rives du même Némunas à une distance de 100 km. à l'ouest de Kaunas.

L'aspect extérieur de cette craie n'offre rien de particulier.

L'expédition géologique de l'Université a effectué ici un forage, et malgré la profondeur de 22 mètres atteinte, la craie ne fut pas traversée. Dessin N° 1, page 26.)

Carte Nr 4



Carte des environs de la ville Jurbarkas

Echantillon N° 6:

La craie provient d'un forage effectué sur la rive droite du Némunas près du village Jurbarkas; elle est en ce point surmontée par une couche d'argile glaciaire de 0 m. 45 d'épaisseur (voir carte N° 4, forage N° 7).

L'analyse suivante fournit la composition moyenne des échantillons prélevés chaque 35 cm., de 0 m. 45 de profondeur à 22 mètres :

Humidité	0,90 %
SiO ²	12,95 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	3,64 —
CaO	43,9 —
MgO	0,72 —
CO ²	37,55 —
	99,66 %

Echantillon N° 7:

La craie provient d'un forage effectué sur la rive gauche du Némunas (page 56, carte 4, forage 8) et est surmontée en ce point par 2,2 mtr. de dépôts d'argile glaciaire.

Sa composition moyenne entre 2,20 et 8,3 mtr. est la suivante :

Humidité	1,47 %
SiO ²	12,20 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	2,20 —
CaO	46,20 —
MgO	1,4 —
CO ²	36,06 —
	99,53 %

Echantillon N° 8:

La craie a été prélevée à une profondeur de 22 mtr. sur la rive droite du Némunas dans le forage 7.

C'est le maximum de profondeur qu'on ait atteint ici par les forages.

La composition est la suivante :

Humidité	1,14 %
SiO ²	12,60 —
Fe ² O ³ +Al ² O ³	4,58 —
CaO	48,4 —
MgO	0,17 —
CO ²	36,00 —
	99,89 %

14,40 % sont insolubles dans HCl étendu.

Nous voyons que la composition de la craie varie très peu suivant les divers forages effectués dans cette localité. On n'a pas pu multiplier ceux-ci tout le long de cette formation. Cette craie est presque blanche jusqu'à une profondeur de 22 mètres, où elle devient verdâtre ; ceci doit être probablement attribué à la présence d'une certaine quantité de glauconie.

Tout près de Jurbarkas, à l'Est du village Skirsnemune, la craie est identique.

Echantillon N° 9:

La craie provient d'un forage effectué sur la rive droite du Nemunas près de Skirsnemune et est couverte, en ce

point, par une couche d'argile glaciaire de 0 m. 75 d'épaisseur. (Page 56, carte n° 4, forage n° 9.) La composition moyenne, entre 0 m. 75 de profondeur et 13 m. 75, est la suivante :

Humidité	1,26 %
SiO ²	16,05 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	4,44 —
CaO	43,56 —
MgO	0,3 —
CO ²	34,08 —
	99,69 %

20.5 % sont insolubles dans HCl étendu.

On peut constater alors d'après les analyses, qu'il n'y a aucune différence sensible entre la craie de Jurbarkas et celle de Skirsnemunė ; les petites variations de composition trouvées ne sont pas de nature à être attribuées à une différence essentielle entre les deux matières, puisqu'il est évident que de telles différences sont assez fréquentes dans une même couche. Quant aux fossiles, on ne les a pas trouvés, et par l'étude microscopique j'ai pu seulement distinguer des spicules de Protozoaires au milieu de particules inorganiques.

II. — LES ROCHES CALCAIRES PERMIENNES

Parmi les autres calcaires lithuaniens, ce sont les dépôts de Zechstein de l'époque permienne qui constituent, après la craie, la roche la plus importante.

A l'endroit déjà cité, près du village Akmenė (1), on les trouve surmontés d'une mince couche de terre végétale et de dépôts glaciaires.

Ces dépôts sont inclinés vers le sud et disparaissent ensuite sous la marne bariolée, que les dépôts jurassiques recouvrent à leur tour, près du village Papilė.

L'étude microscopique de la roche (photographie n° 1) nous montre nettement les cristaux de calcite, qui caractérisent ainsi les calcaires et qui diffèrent des cristaux de dolomie, parce qu'ils se touchent en beaucoup de points et n'ont pas une forme distincte de rhomboèdre.

La roche se distingue par une dureté appréciable de 2,5-3,0 (Echelle de Moss). Pendant les réactions microchimiques, effectuées d'après le livre de M. Lucien Cayeux (2), j'ai traité selon le procédé de M. J. Lemberg, la poudre de zechstein avec une solution de chlorure ferrique (FeCl^3). Après le lavage, les grains de calcite apparurent revêtus d'un enduit brun pâle d'hydroxyde de fer. Lavé

(1) Latitude 56°15' Nord; longitude 23°25' Ouest de Greenwich.

(2) Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. Introduction à l'étude pétrographique de roches sédimentaires par M. Lucien Cayeux, p. 183.

à l'eau distillée, puis traité par une solution de sulfure d'ammonium ($S[NH_4]_2$), l'hydroxyde s'est transformé en sulfure et les granules de calcite furent revêtus d'un enduit franchement noir.

En traitant le zechstein suivant l'autre procédé de M. Lemberg, j'ai chauffé d'abord la poudre de zechstein à 60-70 degrés et je l'ai traitée par une solution neutre de nitrate d'argent. Lavée soigneusement à l'eau distillée pour la débarrasser de toute trace du réactif et immergée ensuite dans une solution de chromate de potassium ($CrO_4 K_2$), la poudre de zechstein fut teintée par le carbonate d'argent qui s'est formé, en rouge-brunâtre d'autant plus foncé que le précipité de carbonate était plus abondant.

Il faut alors conclure, d'après ces réactions, qu'on est en présence d'un zechstein pur et non dolomitisé.

Les analyses ont donné les résultats suivants :

Echantillon N° 1 :

Zechstein ferrugineux, d'une couleur jaunâtre prélevé à une profondeur de 0 m. 30.

Humidité	0,13 %
SiO_2	1,12 —
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	2,04 —
CaO	46,20 —
MgO	6,11 —
CO_2	43,90 —
SO_3	0,17 —
	99,67 %

3,1 % sont insolubles dans HCl étendu.

Echantillon N° 2 :

Echantillon de zechstein prélevé à 0,5 mètre de profondeur, plus clair :

Humidité	0,16 %
SiO ²	0,96 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	1,78 —
CaO	47,51 —
MgO	5,29 —
CO ²	43,91 —
SO ⁴	0,23 —
	99,84 %

Echantillon N° 3 :

Zechstein prélevé à un mètre de profondeur :

Humidité	0,12 %
SiO ²	0,93 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	0,99 —
CaO	49,70 —
MgO	3,80 —
CO ²	43,05 —
SO ⁴	0,14 —
	98,59 %

1,8 % sont insolubles dans HCl étendu.

Ce zechstein étant plus dur que la craie, a mieux

résisté à l'action des glaciers et la limite entre lui et les dépôts glaciaires est bien marquée. On ne rencontre presque pas de morceaux de zechstein dans l'argile, de même inversement. Les habitants de ces régions se plaignent d'avoir beaucoup de difficultés pour creuser les puits et ils affirment que le zechstein dépasse la profondeur de 14 mètres ; en conséquence, ils utilisent, en l'absence de forages non encore exécutés, soit l'eau de pluie, soit celle de la surface de la terre. Au point de vue industriel, ce zechstein fournit une matière de premier ordre pour la fabrication de la chaux et du ciment ; il est riche en chaux, pauvre en silice et les habitants du pays en font souvent usage.

III. — LES DÉPÔTS DÉVONIENS

On trouve les dépôts dévoniens sous forme de dolomie, c'est-à-dire de calcaire riche en Mg autour du village Zagaré (3), dans le Nord de la Lithuanie. Les dépôts sont recouverts d'une mince couche d'argile glaciaire.

Cette dolomie est plus dure que le zechstein ; sa dureté s'exprime par 3,5 dans l'échelle habituelle. Au point de vue chimique, la composition de cette dolomie est différente de celle du zechstein et comme les analyses citées plus loin le démontrent, le $\text{CO}^3 \text{Mg}$ prend la place du

(3) Latitude $56^{\circ}25'$ Nord ; longitude $23^{\circ}15'$ Est de Greenwich.

$\text{CO}^3 \text{ Ca}$. On exprime alors la formule minéralogique par $(\text{CO}^3) \cdot \text{Ca Mg}$.

D'une couleur vert jaunâtre, les dolomies échappent en grande partie à l'action de l'acide chlorhydrique à froid. Comme on peut voir sur la photographie (voir photographie n° 2) d'une plaque, les cristaux sont des rhomboèdres distincts, qui se touchent en peu de points.

En traitant la dolomie d'après la méthode exposée dans le livre de M. Lucien Cayeux selon Lemberg, avec une solution de chlorure ferrique et ensuite par le sulfure d'ammonium, on peut voir qu'elle n'est pas aussi sensible que le zechstein à cette réaction. Traitée pendant le même temps et dans les mêmes conditions, elle reste incoloree en lumière transmise, et teintée en vert très pâle en lumière réfléchie. Ce n'est qu'après une attaque très prolongée du chlorure ferrique, qu'elle montre une coloration comparable à celle de grains de calcite dans le zechstein.

Traitée suivant le second procédé de M. Lemberg avec une solution neutre de nitrate d'argent et ensuite par $\text{CrO}^4 \text{ K}^2$, on voit très nettement les cristaux rhomboédriques, mais non colorés.

Quant à l'origine de la dolomie, plusieurs hypothèses ont été présentées ; la plus intéressante est celle de M. Linck (4), qui prétend que les dolomies cristallisent

(4) Rosenbusch-Osann. Die Elemente der Gesteinslehre.

directement des eaux de mer. Pourtant on ne peut pas nier que la plus forte partie de dolomies d'origine marine est due à la recristallisation. Sous l'influence d'une action prolongée de l'eau sur le calcaire, le calcium de ce dernier est partiellement remplacé par le magnésium, en provoquant en même temps la modification de structure.

Les dolomies lithuaniennes, plus dures que le zechstein et par conséquent que la craie, n'ont pas été très influencées par le passage des glaciers. On n'y a pas encore fait de forage et les échantillons que j'ai recueillis ont été prélevés à une très faible profondeur.

Les analyses de dolomie ont donné les résultats suivants :

Dolomie très ferrugineuse d'une couleur brune prélevée à 0 m. 20 de profondeur près du village Zagaré (5).

Echantillon N° 1 :

Humidité	0,15 %
SiO ²	5,27 —
Fe ² O ³ +Al ² O ³	5,36 —
CaO	31,5 —
MgO	14,98 —
CO ²	42,05 —
SO ³	0,66 —
	99,97 %

3,2 % sont insolubles dans HCl étendu.

(5) Latitude 56°25' Nord ; longitude 23°15' Est de Greenwich.

Echantillon N° 2 :

Dolomie moins ferrugineuse, brune jaunâtre prélevée à une profondeur 0 m. 5 prise de la même localité :

Humidité	0,11 %
SiO ²	1,6 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	2,73 —
CaO	30,93 —
MgO	19,25 —
CO ²	44,35 —
SO ³	0,63 —
	99,62 %

Echantillon N° 3 :

Dolomie claire, bleu-jaune prélevée à 0 m. 75 de profondeur :

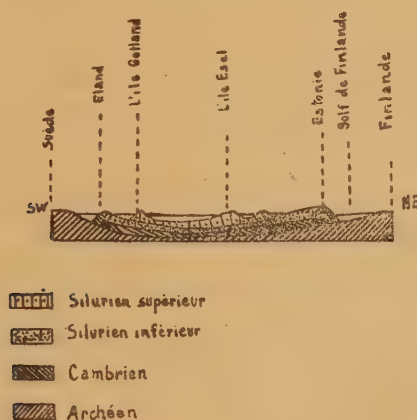
Humidité	0,13 %
SiO ²	2,38 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	3,45 —
CaO	30,30 —
MgO	18,30 —
CO ²	45,19 —
SO ³	0,40 —
	99,97 %

3,05 % sont insolubles dans HCl étendu.

Un fait caractéristique de la dolomie est qu'on y trouve

très rarement des fossiles ; en effet, pendant les recherches, j'ai rencontré souvent des vides correspondants aux anciens fossiles, qui ont disparu, pendant la recristallisation. A mon grand regret, je n'ai pas pu explorer les parties plus profondes, ce qui serait très intéressant au point de vue des modifications possibles de la dolomie.

En traversant cette couche, on se trouverait peut-être en face de dépôts siluriens, ce qui nous aurait permis de comparer les dépôts des roches sédimentaires lithuaniennes avec ceux situés plus au Nord et notamment en Lettonie où ces dépôts ont été bien étudiés et dont M. Inostrancew nous donne une coupe dans son livre de géologie (7).



Dessin N°3

Coupe des dépôts sédimentaires en Lettonie

(7) Inostrancew. Geologija, Pétersbourg, 1895, p. 220.

IV. — LES TUFS QUATERNAIRES

Les roches les plus récentes sont représentées par les tufs, dont j'ai ramassé des échantillons sur les rives du Nemunas près du village de Nemunaiciai (8), à 100 kilomètres du village de Birschtany, connu par ses sources médicales. En passant à leur étude, il faut ajouter que ces dépôts ne se trouvent pas seulement près de Némunaiciai, d'où proviennent mes échantillons, mais aussi à peu près partout le long de plusieurs kilomètres de rives du fleuve, où ils sont disposés sporadiquement. Toute cette région est riche en sources et les tufs, leurs produits, se trouvent pour la plupart à leur voisinage. Il est intéressant, avant de présenter les résultats d'analyses de tufs, de citer les données des analyses d'eau de ces sources pour comparer leur composition et voir les différences.

Ainsi l'eau des sources de la localité Birschtany sur les rives du Nemunas, prélevée par l'expédition géologique de l'université de Kaunas (9), montre la composition suivante :

(8) Latitude 54°18' Nord ; longitude 24°3' Est de Greenwich.

(9) Lietuvos geologinės ekspedicijos apyskaita. Kaunas, 1928.

Les éléments	Grammes par litre	Millimol 1000X/mol.	Millival millimol. val.
Potassium (K ⁺).....	0,3255	8,324	8,324
Sodium (Na ⁺).....	1,5483	67,318	67,318
Calcium (Ca ⁺⁺).....	0,6325	15,272	31,544
Magnésium (Mg ⁺⁺)...	0,2685	11,040	22,080
Fer (Fe ⁺⁺).....	0,0087	0,155	0,310
			129,576
Chlore (Cl ⁻).....	3,4609	97,600	97,600
Brome (Br ⁻).....	0,0102	0,1288	0,128
(SO ²⁻)	0,9467	9,854	19,712
(HCO ³⁻)	0,7414	12,152	12,152
			129,592
SiO ²	0,0470		
Al ² O ³	0,0250		

Un tableau fourni par M. Inostrancew (10), montre les variations de la composition de l'eau des mêmes sources avec le temps.

Les éléments	en 1835	1867	1871	1881
Na	28,50	23,73	19,42	18,00
Ca	8,37	10,21	11,75	14,01
Mg	1,99	2,68	3,96	7,16
Cl	62,66	53,59	54,89	59,51
SO ²	0,54	0,27	0,48	0,98
CO ²	0,88	2,91	»	1,14

Comme nous le voyons, c'est le calcium qui est le plus abondant après le sodium (Na) et le chlore (Cl), et c'est surtout sous la forme de bicarbonate, que celui-ci s'y trouve. Ce dernier sel, très instable, se décompose facilement, au contact de l'air sous la pression atmosphérique,

(10) Inostrancew. Gueologia, 1898, Pétersbourg, p. 250.

en donnant le CO_2Ca et en dégageant du CO_2 . Le calcaire étant moins soluble se dépose sur les pierres, végétaux, etc., et au fur et à mesure que le CO_2 se dégage, il se forme les dépôts poreux de roche calcaire surnommée dans ce cas, tuf. A la longue, les matières organiques enfermées dans ces roches se décomposent et il se forme des vides qui caractérisent justement les tufs.

Les tufs très ferrugineux sont d'une couleur brune, tandis que ceux qui le sont moins ont une couleur variant du jaune au blanc.

Les résultats des analyses de tufs sont les suivants :

Echantillon N° 1 :

Tuf clair pris sur les rives du Némunas près de Nemu-naiciai :

Humidité	0,39 %
SiO_2	0,24 —
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	0,76 —
CaO	54,55 —
MgO	0,35 —
CO_2	43,15 —
SO_2	0,2 —
	99,61 %

0,41 % sont insolubles dans HCl étendu.

Echantillon N° 2 :

Tuf d'un autre endroit toujours près de Nemunaiciai
et d'une même couleur blanche claire.

Humidité	0,32 %
SiO ²	0,24 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	0,87 —
CaO	54,6 —
MgO	0,65 —
CO ²	43,02 —
SO ³	0,25 —
	99,95 %

Echantillon N° 3 :

Tuf ferrugineux pris au même endroit.

Humidité	0.43 %
SiO ²	1,83 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	1,14 —
CaO	53,52 —
MgO	0,46 —
CO ²	42,30 —
SO ³	0,32 —
	100,00 %

Echantillon N° 4 :

Autre échantillon du même :

Humidité	0,46 %
SiO ²	1,26 —
Fe ² O ³ + Al ² O ³	0,94 —
CaO	53,30 —
MgO	0,68 —
CO ²	43,00 —
SO ²	0,35 —
	99,99 %

En comparant la composition des tufs analysés et celle des eaux des sources correspondantes que j'ai citées plus haut, on remarque l'absence complète dans les tufs de chlore (Cl), tandis que ce dernier est assez abondant dans les eaux de sources. Ce fait ne s'explique pas par la variation de composition des eaux dans le temps. Le tableau d'Inostrancew cité plus haut sur les changements de la composition des eaux de ces sources nous montre que le chlore reste toujours abondant. Il y figure sous forme de chlorure de sodium (NaCl), qui est un sel bien soluble, celui-ci ne se dépose pas, avec le tuf, et si même il y existe au début dans des proportions peu importantes, il est évident que l'action de l'eau le fait disparaître tout en le dissolvant, ce qui explique l'absence complète de cet élément dans les tufs.

D'autre part, il est difficile de considérer les dépôts de tufs comme une couche. Même s'ils sont abondants par endroits, les couches qu'ils forment peuvent n'avoir qu'une signification locale, puisque à 100 mètres, ou même moins, on ne les voit plus. Près de Nemunaiciai, la rive droite du Nemunas, d'une hauteur de 20 mètres, est constituée presque à moitié par les dépôts de tufs. Au point de vue pratique, cette roche est exploitée par les habitants pour la construction et pour la fabrication de la chaux.

RÉSUMÉ

En résumant tout ce que je viens de dire, il faut conclure que d'après les données des analyses, les calcaires lithuaniens ont une valeur assez importante par leur richesse en CaO . Un calcaire pur, selon la formule chimique, contient 56 % de CaO , les tufs quaternaires lithuaniens en ont 53-54 %, les couches supérieures de zechstein, 46 %, et les couches inférieures, 49 %. Même la craie accuse 44-46 % CaO .

Au point de vue pratique, les calcaires constituent une matière première importante pour la fabrication de la chaux et du ciment. On emploie les calcaires aussi comme amendement ; pour cela, il suffit de les broyer et de

les incorporer à la terre pour la rendre plus légère et plus perméable.

Quant à leur situation, on peut classer ainsi qu'il suit les localités où on les trouve.

1° Les calcaires les plus récents d'âge quaternaire, sous forme de tufs sur les rives du Nemunas près du village de Nemunaiciai (11) ;

2° La craie d'âge crétacique, sur les rives du Nemunas, aux environs de Kaunas (12) et près de Jurbarkas-Skirs-nemune (13) ;

3° Le zechstein d'âge permien sur les rives du ruisseau Dabikiné, près du village d'Akmené (14) ;

4° Les dolomies d'âge devonien aux environs du village de Zagaré (15).

Les tufs sont les moins répandus, et on les trouve près des anciennes sources. On y constate la présence d'autres corps comme le sable par exemple, qui ont servi de noyaux pendant la formation de ces dépôts.

La craie est très abondante dans le pays, mais on ne peut pas encore déterminer ses limites précises. Pourtant il est connu par les forages, que ses couches dépassent parfois la profondeur de 22 mètres.

(11) Latitude 54°18' Nord ; longitude 24°3' Est de Greenwich.

(12) Latitude 55°10' Sud ; longitude 24°8' Ouest de Greenwich.

(13) Latitude 55°7' Nord ; longitude 23°3' Ouest de Greenwich.

(14) Latitude 56°15' Nord ; longitude 23°25' Ouest de Greenwich.

(15) Latitude 56°25' Nord ; longitude 23°12' Est de Greenwich.

Le zechstein, dont la valeur pratique paraît être démontrée maintenant, n'est pas d'une grande étendue. Probablement, comme on peut conclure de l'inclinaison, il s'enfonce rapidement et on ne peut espérer le retrouver, qu'à une profondeur considérable.

De même les dolomies disparaissent sous les autres roches une fois passées les limites que j'ai indiquées au cours du présent travail.

Il faut espérer que les études postérieures, avec des forages beaucoup plus profonds, permettront d'éclaircir les problèmes posés concernant la structure des couches souterraines.

Il reste encore à résoudre de nombreuses questions et en premier lieu celles concernant l'étendue, le contact et l'inclinaison des couches, qui doivent être étudiées sérieusement, puisque à l'heure présente nos connaissances sont bien médiocres dans ce domaine de la science géologique actuelle en Lithuanie.

Paris, 20 novembre 1930.



Coupe mince de zechstein prélevé à 1 mètre de profondeur
près du village Akmené



Coupe mince de la dolomie prélevée à 0 m. 75 de profondeur
près du village Zagaré

Bibliographie

- BERTRAND (Léon). — Exposé pratique des méthodes optiques pour l'étude microscopique des roches. Minist. Arm. et fabric. guerre. Paris, 1918.
- BERTRAND (Léon). — Histoire de la formation de sous-sol de la France. Les anciennes mers de la France et leurs dépôts. Paris, 1921.
- CAYEUX (Lucien). — Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique de la France. Paris, 1916.
- DRENERT (F.). — Eaux douces et eaux minérales. Paris, 1912.
- DRENERT (F.). — Etude hydrologique des eaux circulant à travers d'alluvium. Bull. carte géolog. T. XXXI. 1928.
- HAUG (E.). — Géologie. Paris, 1920-21.
- MEUNIER (G.). — Observations sur la calcité de minéralisation de certains fossiles animaux. Paris, 1917.
- MEUNIER (G.). — La géologie générale. Paris, 1909.

- KAVECKAS (M.). — 1926 ir 25 metu Lietuvos géologinės ekspedicijos darbu apyskaita. Kaunas, 1928.
- ARCHANGUELSKI. — Vvedenie v naoukou gueologui Rossii. Soc. min. Russe, 1929.
- DUROCHE. — Iskoustvennoie prigotovlenie dolomita pod vlianiem magnelistich parow. Gorni journal, 1859.
- DIMCEVICZ. — O gueologui Rossii. 1874.
- GUEDROÏTZ (A.). — Gueologuiczeskie issledovania v guberniach Vilenskoj, Grodnenskoj, Minskoj, Volinskoj; siev. czasti cearstva polskago. Materiali dlia gueologui Rossii. T. XVII, 1895.
- GUEDROÏTZ (A.). — Gueologuiczeskie issledovania v cearstve polskom. Gorni journal.
- GUEDROÏTZ (A.). — O rospredelenii diluvialnich otlozeni v cearstve polskom. Gorni journal, 1878.
- MOUSCHKETOV. — Gueologuia. Leningrad, 1925.
- MISSOUNA. — Materiali po gueologui Rossii XXI, 1904.
- OBROUCZEW. — Polevaia gueologuia. Leningrad, 1927.
- BLANCK. — Handbuch der Bodenlehre. Berlin, 1929.
- BERG (G.). — Vorkommen und geochemie der mineralischen Rohstoffe. Leipzig, 1929.
- BRAUN. — Über marine Sedimente und ihre Benutzung zur Zeitbestimmung, 1921.
- BERENDT (G.). — Das Auftreten von Kreide und von Ter-

- tiar bei Grodno am Niemen. Zeitschrift d. geol. Gesellsch. Bd. 22, 1870.
- BRÜCKNER. — Bilanz des Kreislaufs des Wassers auf der Erde. Geogr. Zeitschr. 1905.
- BERENDT. — Ein geologischer Ausflug in die russische. Nachbargouvernements. Königsberg, 1870, W. Koch.
- BERENDT (G.). — Notizen aus dem russischen Grenzgebiete nördlich der Memel. Schrift. d. Physikal. ökonomisch. Gesellsch. Ihrg. XVII, 1876.
- BUBNOFF. — Geologie von Europa. Berlin, 1926-1930.
- ERDMANNSDORFER. — Grundlagen der Petrographie.
- GREWINGK. — Geologie Liv-Est und Kurlandes mit Inbegriff einiger angrenzender Gebiete. Arch. f. Naturkunde Liv-Est und Kurlandes, série I, Bd. II, 1865.
- GREWINGK (G.). — Zur Kenntniss ostbaltischer Tertiär und Kreide. Gebilde. Arch. f. Naturkunde Liv-Est und Kurlandes, série I, Bd. V. 1872.
- IENTZSCH (A.). — Der Untergrund des norddeutschen Flachlandes. Erläuterung zur Übersichtskarte. Ihrb. d. Königl. Preuss. geol. landesanst, 1900.
- IENTZSCH (A.). — Der Vortertiäre Untergrund des norddeutschen Flachlandes. Abh. d. Kais. Preuss. geol. Landesanstalt. Heft 72, 1913.
- KOEHNE. — Grundwasserkunde. Stuttgart, 1928.

KEILHACK (K.). — Lehrbuch der Grundwasser und Quellenkunde. Berlin, 1917.

LINCK. — Kreislaufvorgänge.

ROSENBUSCH-OSANN. — Die Elemente der Gesteinslehre. Stuttgart, 1923.

SOKOL (R.). — Geologisches Praktikum, Berlin, 1927.

STINY. — Technische Gesteinskunde. Wien, 1929.

WILHELM SALOMON. — Grundzüge der Geologie, Stuttgart, 1924.

GEDROYC (A.). — Sprawozdanie o badaniach geologicznych dokonanych z polecenia Komitetu Geolog. w. Augustowskiego i na Zmudzi w r. 1883. Pam. Fizyogr. T. VI, 1886.

GEDROYC (A.). — Sprawozdanie z poszukiwan geologicznych, dokonanych w Goub. Grodzińskiej i przyległych jej powiatach Krolewstwa Polskiego i Litwy w r. 1878. Pam Fizyogr. T. VI, 1886.

LEWINSKI (I.). — Samsonowicz. Ukształtowanie powierzchni skład; struktura podłoża dyluwjem Wschodniej części Nizy Północno-Europejskiego. Prace Tow. Naukowego Warszawskiego, № 31, 1918.

Table des Matières

§ 1. — Historique :

- a) Etat de la géologie de la Lithuanie avant la guerre : 7
- b) Etat de la géologie de la Lithuanie après la Reconstitution 10

§ 2. — Aperçu général sur la géologie de la Lithuanie :

- a) La surface du pays 12
- b) Les dépôts sédimentaires 19
 - I. — Les dépôts crétaciques 20
 - II. — Les dépôts jurassiques 23
 - III. — Les dépôts permien 32
 - IV. — Les dépôts devoniens 35
 - V. — Les dépôts quaternaires 36
- Conclusions 37

§ 3. — Les calcaires :

- A. La naissance des calcaires 39
- B. Les calcaires de la Lithuanie :
 - I. — Les dépôts crétaciques 50
 - II. — Les dépôts permien 60
 - III. — Les dépôts devoniens 63
 - IV. — Les dépôts quaternaires 68
- Résumé 73

Table des Figures dans le texte

Cartes	Dessins		
N° 3		Carte des environs de la ville de Kaunas ..	22
	1	Forage sur la rive droite de Némunas près du village Jurbarkas	25
	2	Coupe de sondages exécutés en divers points de la Lithuanie	34
N° 4		Carte des environs de la ville Jurbarkas :	56
	3	Coupe des dépôts sédimentaires en Lettonie	67

A LA FIN

N° 2	Carte géologique de la Lithuanie.	
Photographie N° 1.	— Coupe mince de zechstein	76
Photographie N° 2.	— Coupe mince de la dolomie ..	76

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

PREMIÈRE QUESTION

Ciments modernes fondus de gypse

DEUXIÈME QUESTION

Sources thermales

Vu et approuvé :

Paris, le 31 Janvier 1931

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

Ch. MAURAIN.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLÉTY.



